

## Uji Beban Lateral Pada Tiang Spunpile Pada Pembangunan PLTU II Tanjung Gundul

Efan Hidayat <sup>1)</sup>, Abubakar Alwi <sup>2)</sup>, Eka Priadi <sup>2)</sup>

### Abstrak

Suatu perencanaan pondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan. Dalam skripsi ini akan dibahas tentang analisa daya dukung tiang *spunpile* dengan metode *lateral loading test*. Daya dukung yang akan dipelajari adalah daya dukung lateral pondasi tiang pancang *spunpile* untuk kondisi tiang tunggal. Dalam penelitian ini akan ditentukan defleksi lateral pondasi tiang pancang *spunpile* dengan analisis perhitungan menggunakan metode *broms*. Kemudian mengetahui defleksi lateral pondasi tiang pancang *spunpile* dari hasil analisis daya dukung tiang uji pembebanan statik (*loading test*). Dari hasil analisis kemudian membandingkan daya dukung yang didapat terhadap hasil analisis daya dukung tiang uji pembebanan statik (*loading test*). Lokasi tempat pengujian dalam hal ini akan dilaksanakan di PLTU II Tanjung Gundul Kabupaten Bengkayang Kalimantan Barat, lokasi yang akan dilakukan pengujian yaitu *Boiler*, *Turbin*, dan *Chimney*.

Penelitian ini juga dapat digolongkan sebagai penelitian studi literatur karena dalam pembahasannya digunakan literatur-literatur yang berisikan teori-teori yang mendukung penelitian dan bahasan tentang analisa daya dukung tiang *spunpile* dengan metode *Broms* dan metode *lateral loading test* yang digunakan pada proyek PLTU II Tanjung Gundul Kalimantan Barat.

Penelitian ini dilakukan pada tiga lokasi di proyek pembangunan PLTU 2 x 27,5 MW yaitu lokasi *Boiler*, *Turbine*, dan *Chimney*. Berdasarkan hasil analisis LPILE Plus didapat defleksi ijin ( $y_o$ ) pada lokasi *Boiler* sebesar 0.1659 m, lokasi *Turbine* sebesar 0.1259 m nilai defleksi ini didapat ketika pembebanan 200% sedangkan lokasi *chimney* sebesar 0.048 m nilai defleksi ini didapat ketika pembebanan 75%. Sedangkan menurut hasil analisis lapangan *loading test* setelah pembebanan 200% didapat  $y_o$  pada lokasi *Boiler* sebesar 0,014 m, lokasi *Turbine* sebesar 0,019. Sedangkan untuk lokasi *Chimney* mengalami keruntuhan sebesar 0.027 m pada pembebanan 75%, jadi pada lokasi *Chimney* dianggap tidak baik. Perbandingan nilai defleksi ijin menggunakan LPILE Plus dan rumus metode *broms* terhadap defleksi dari *static loading test* menghasilkan perkiraan nilai defleksi lateral yang lebih besar dari kenyataan yang dapat dipikul oleh tiang. Untuk besar perpindahan tiang terjadi pada setiap lokasi berdasarkan hasil analisis LPILE Plus dan metode *broms*, secara keseluruhan perpindahan yang didapat tidak masuk dalam kondisi yang di ijinan kecuali pada hasil analisis uji lapangan (*Loading Test*) masih dalam toleransi yang wajar terkecuali untuk lokasi *chimney* yang mengalami keruntuhan karena factor sifat fisik tanah yang kurang mendukung.

Kata kunci: daya dukung lateral, *spunpile*, LPILE Plus, rumus metode *broms*, *Lateral Load Test*

1) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

2) Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia, khususnya Kalimantan Barat merupakan daerah yang sedang berkembang di bidang ekonomi yang ditandainya dengan pembangunan. Bangunan-bangunan sipil seperti rumah, hotel, pabrik, gedung perkantoran dan lainnya harus mempunyai konstruksi yang kuat agar dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi penggunaannya. Bagian paling bawah dari suatu konstruksi dinamakan pondasi, fungsi pondasi ini adalah meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah yang berada di bawah pondasi.

Suatu perencanaan pondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan. Apabila kekuatan tanah dilampaui, maka penurunan, pergeseran, serta terangkat keatas yang berlebihan atau keruntuhan dari tanah akan terjadi, hal tersebut akan menyebabkan kerusakan konstruksi yang berada di atas pondasi tadi. Struktur bawah sebagai pondasi juga secara umum dapat dibagi dalam dua jenis yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pemilihan pondasi ini tergantung kepada jenis struktur atas, apakah termasuk konstruksi beban ringan atau beban berat, dan juga jenis tanahnya.

Dalam tugas akhir ini akan dibahas tentang analisis daya dukung lateral

tiang spunpile. Daya dukung pembebanan statik yang akan didiskusikan adalah daya dukung lateral pondasi tiang pancang untuk kondisi tiang tunggal. Tiang pancang tersebut digunakan sebagai pondasi pada proyek pembangunan PLTU 2 x 27,5 MW yang berlokasi di Tanjung Gundul, Kalimantan Barat.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pondasi Tiang

Pondasi adalah suatu konstruksi bagian dasar bangunan yang berfungsi meneruskan beban dari struktur atas ke lapisan tanah di bawahnya. Secara umum, pondasi tiang adalah elemen struktur yang berfungsi meneruskan beban kepada tanah, baik beban dalam arah vertikal maupun horizontal. Pondasi tiang memperoleh daya dukungnya dari gesekan antara selimut tiang dengan tanah dan dari tahanan ujungnya. Berdasarkan metode instalasinya, pondasi tiang dapat diklasifikasi menjadi:

#### 1. Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang merupakan pondasi tiang yang dibuat terlebih dahulu sebelum dimasukan ke dalam tanah hingga mencapai kedalaman tertentu dimana dapat dicapai daya dukung yang lebih baik. Besar kapasitas tahanan ujung dan tahanan selimut akan bergantung dari:

- a. Kondisi pelapisan tanah dasar pendukung tempat pondasi bertumpu beserta parameter tiap lapisan tanahnya masing-masing.

1) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

2) Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

- b. Bentuk geometri pondasi: bentuk, dimensi, dan elevasi
  - c. Beban Pondasi
2. Tiang Bor
- Tiang bor biasanya digunakan sebagai pondasi yang memikul beban struktur yang berat seperti bangunan yang sangat tinggi dan jembatan dengan pertimbangan pelaksanaan: seperti rendah getaran, kebisingan dan fleksibilitas ukuran yang cocok dengan kondisi pembebanan dan kondisi lapisan tanah. Sebuah tiang bor dikonstruksikan dengan cara membuat sebuah lubang bor dengan diameter tertentu hingga kedalaman yang diinginkan.

## 2.2 Klasifikasi Tiang Berdasarkan Pergerakan Pada Tanah (*Displacement*)

Di dalam rekayasa pondasi juga dipelajari mengenai beberapa klasifikasi pondasi tiang. Berikut klasifikasi tiang berdasarkan pergerakan pada tanah:

1. Tiang perpindahan besar (*Large displacement piles*)
2. Tiang perpindahan kecil (*Small displacement piles*)
3. Tiang tanpa perpindahan (*Non displacement piles*)

## 2.3 Pemancangan Tiang

Pada pemancangan tiang hal-hal yang sangat penting untuk diketahui adalah sebagai berikut:

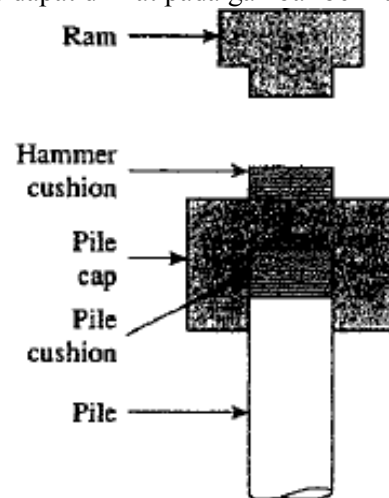
1. Jenis alat pemancangan yang dilakukan

Jenis *hammer* sangat menentukan energi yang akan diterima oleh tiang dan juga

tanah pada saat pemancangan. Jenis *hammer* yang biasa digunakan diantaranya:

- a. *Drop Hammer*
  - b. *Diesel Hammer*
  - c. *Vibratory Hammer*
2. Properti *hammer*, *hammer cushion*, *helmet* dan *pile cushion*

Dalam proses pemancangan, *hammer cap* dipasang pada kepala tiang. *Pile cushion* digunakan diantara tiang dan *cap*. *Pile cushion* ini mempunyai kegunaan untuk mereduksi beban tumbukan dan menyebarkannya. Sedangkan *hammer cushion* diletakkan di *pile cap*. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 2.1** Properti *hammer*, *hammer cushion*, *helmet* dan *pile cushion*

Sumber: Braja M. Das (2007)

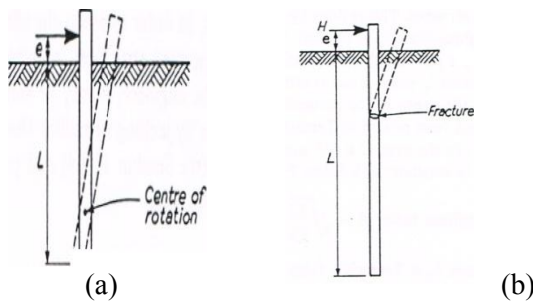
1) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

2) Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

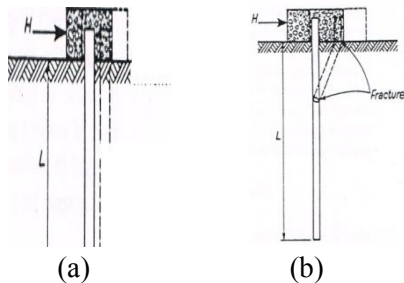
## 2.4 Rekaman Pemancangan

Rekaman pemancangan (*driving record*) sering digunakan sebagai bagian dari pengendalian mutu (*quality control*).

## 2.5 Daya Dukung Lateral Pondasi Tiang



**Gambar 2.2.** Tiang ujung bebas pada tanah granuler tiang pendek, (a) tiang pendek, (b) tiang panjang ( Broms, 1964a).



**Gambar 2.3.** Tiang ujung jepit dalam tanah kohesif tiang panjang (a) tiang pendek (b) tiang panjang ( Broms, 1964a)

Pondasi tiang sering harus dirancang dengan memperhitungkan beban – beban horizontal atau fertikal, seperti : beban angin, tekanan tanah lateral, beban gelombang air, benturan kapal dan lain - lain. Perancangan pondasi tiang yang menahan gaya lateral, harus memperhatikan dua kriteria, yaitu :

- Faktor aman terhadap keruntuhan ultimit harus memenuhi.
- Defleksi yang terjadi akibat beban yang bekerja harus masih dalam batas – batas toleransi.

### 2.5.1 Menghitung perlawanan utama untuk beban lateral

Dalam kasus tanah liat terlalu keras dan kaku, modulus tanah umumnya diasumsikan konstan dengan kedalaman. Untuk kasus ini.

Kekakuan Faktor (dalam satuan panjang)

$$\text{di mana } R = \sqrt[4]{\frac{EI}{kE}}$$

Modulus reaksi subgrade ditentukan dari

$$k^1 = \frac{\text{Berlaku di piring (dalam } \frac{kN}{m^2} \text{ atau } \frac{ton}{ft^2})}{\text{Perpindahan Horizontal (dalam m atau ft)}}$$

uji beban plat yang berbentuk bujur sangkar dengan lebar 1 ft.

1) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

2) Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

Untuk sebagian besar lempung normal-kuat dan untuk tanah granular modulus tanah diasumsikan meningkat secara linear dengan kedalaman, faktor kekakuan untuk modulus tanah yang tidak konstan (T) ini dinyatakan oleh persamaan:

$$\text{Faktor kekakuan } T = \sqrt[5]{\frac{EI}{nh}} \quad (\text{dalam satuan})$$

## 2.5 Menghitung Defleksi Dengan Lpile Plus (*metode p-y curve*)

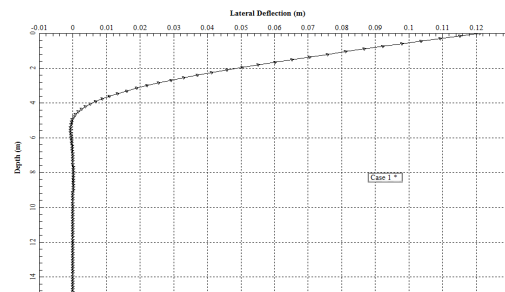
LPILE Plus merupakan suatu program komputer untuk menganalisis kapasitas perpindahan lateral dari tiang pancang yang dikembangkan secara numerik oleh Ensoft, Inc. dibawah arahan Dr. Lymon C. Reese dan pertama kali didistribusikan secara komersial pada tahun 1987. LPILE Plus menggunakan dua langkah analisis yang saling berhubungan untuk memberikan informasi tentang perilaku tiang pancang yang diberi pembebanan lateral. Kedua langkah analisis tiang tersebut adalah sebagai berikut :

1. Kapasitas perpindahan lateral sebagai fungsi dari kedalaman
2. Beban perpindahan lateral *versus* kedalaman (*Depth*)

Untuk menganalisis suatu tiang dibutuhkan data-data sifat fisik dan parameter tanah, geometri, sifat tiang dan pembebanan tiang. Setelah selesai dengan masukan data,. Didalam menu ini terdapat juga pilihan untuk meninjau teks masukan, keluaran, dan pemrosesan file yang dibuat

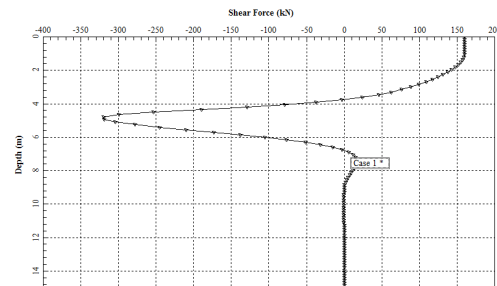
oleh program. Pada analisis pertama, program akan menghitung tahanan geser tiang dan kapasitas lateral total pada setiap perpindahan tiang yang ditentukan menggunakan *metode p-y curve*.

Hasil keluaran program LPILE Plus berupa grafik hubungan perpindahan lateral terhadap kedalaman tiang,



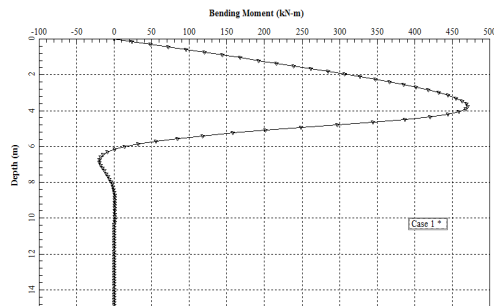
**Gambar 2.4** Contoh grafik hubungan perpindahan lateral terhadap kedalaman

grafik hubungan gaya geser terhadap kedalaman dan grafik hubungan momen lentur terhadap kedalaman tiang. Serta, rangkuman hasil daya dukung dalam bentuk teks.



**Gambar 2.5** Contoh grafik hubungan momen lentur terhadap kedalaman

1) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.  
2) Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.



**Gambar 2.6** Contoh grafik hubungan gaya geser terhadap kedalaman

Hasil daya dukung dalam bentuk teks:

Output Verification:  
Computed forces and moments are within specified convergence limits.

Output Summary for Load Case No. 1:

Pile-head deflection	=	0.12097085	m
Computed slope at pile head	=	-0.03861754	rad
Maximum bending moment	=	470.52544	kN-m
Maximum shear force	=	-319.38514	kN
Depth of maximum bending moment	=	3.75000000	m
Depth of maximum shear force	=	4.80000000	m
Number of iterations	=	49	
Number of zero deflection points	=	4	

Summary of Pile Response(s)

Definition of Symbols for Pile-Head Loading Conditions:

Type 1 = Shear and Moment,	y = pile-head displacement m
Type 2 = Shear and Slope,	M = Pile-head Moment kN-m
Type 3 = Shear and Rot. Stiffness,	V = Pile-head Shear Force kN
Type 4 = Deflection and Moment,	S = Pile-head Slope, radians
Type 5 = Deflection and Slope,	R = Rot. Stiffness of Pile-head m-kN/rad

Load Type	Pile-Head Condition	Pile-Head Condition	Axial Load kN	Pile-Head Deflection m	Maximum Moment kN-m	Maximum Shear kN	
1	V=	160.000	M=	0.000	0.1209709	470.5254	-319.3851

The analysis ended normally.

**Metode  $p$ - $y$**  mendefinisikan hubungan beban lateral dan defleksi antara tanah dan tiang yang digambarkan dalam sebuah kurva. Sumbu- $p$  adalah tahanan lateral tanah persatuan panjang tiang dan sumbu- $y$  adalah defleksi lateral tiang.

## 2.6 Metode Broms

Metode Broms (1964a) dapat digunakan untuk menghitung defleksi lateral tiang yang berada pada lapisan tanah homogen dan murni berupa tanah kohesif (lempung jenuh,  $\phi = 0$ ) atau granuler (pasir,  $c = 0$ ).

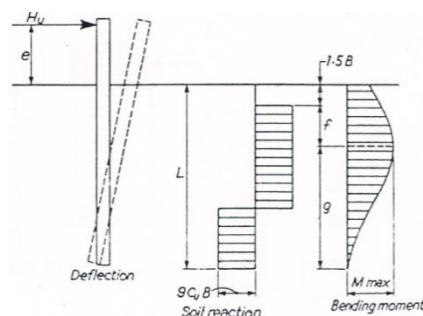
## a. Tiang Dalam Tanah Kohesif

Tahanan tanah ultimit tiang yang terletak pada tanah kohesif atau lempung ( $\phi=0$ ) bertambah dengan kedalamannya, yaitu dari 2 Cu dipermukaan tanah sampai 8 – 12Cu pada kedalaman kira – kira 3 kali diameter tiang.

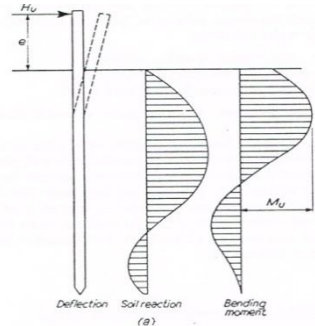
### a.1. Tiang ujung bebas

Mekanisme keruntuhan tiang ujung bebas untuk tiang panjang (tiang tidak kaku) dan tiang pendek (tiang kaku). Untuk tiang panjang, tahanan tiang terhadap gaya lateral akan ditentukan oleh momen maksimum yang dapat ditahan tiangnya sendiri ( $M_y$ ), untuk tiang pendek, tahanan tiang terhadap gaya lateral lebih ditentukan oleh tahanan tanah disekitar tiang. Dalam **gambar 2.7**  $f$  mendefinisikan letak momen maksimum, dimana pada titik ini gaya lintang pada tiang sama dengan nol.

$$f = H_u / (9C_u d)$$



- 1) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- 2) Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.



**Gambar 2.7** Mekanisme keruntuhan tiang pendek dan tiang panjang pada tiang ujung bebas dalam tanah kohesif (Broms 1946).

Dengan mengambil momen terhadap titik di mana momen pada tiang mencapai maksimum, dapat diperoleh.

$$\begin{aligned} M_{\text{mak}} &= H_u (e + 3d/2 + f) - \frac{1}{2} f (9C_u d f) \\ &= H_u (e + 3d/2 + f) - \frac{1}{2} f H_u \\ &= H_u (e + 3d/2 + \frac{1}{2} f) \end{aligned}$$

Momen maksimum dapat pula dinyatakan oleh persamaan :

#### **b. Tiang dalam tanah granuler**

Untuk tiang dalam tanah granuler ( $c = 0$ ), Broms (1964) menganggap sebagai berikut

1. Tekanan tanah aktif yang bekerja dibelakang tiang, diabaikan.
2. Distribusi tekanan tanah pasif disepanjang tiang bagian depan sama dengan 3 kali tekanan tanah pasif Rankine.

3. Bentuk penampang tiang tidak berpengaruh terhadap tekanan tanah ultimit atau tahanan lateral ultimit.
4. Tahanan tanah lateral sepenuhnya termobilisasi pada gerakan tiang yang diperhitungkan.

Tahanan tanah ultimit ( $P_u$ ) sama dengan 3 kali tekanan pasif Rankine adalah di dasarkan pada bukti empiris yang diperoleh dari hasil pengamatan dan hitungan beban ultimit. Dengan anggapan tersebut distribusi tekanan tanah dapat dinyatakan oleh persamaan ;

$$P_u = 3 P_o \cdot K_p$$

Di mana :

$P_o$  = tekanan pverburden efektif

$$K_p = (1 + \sin \phi') / (1 - \sin \phi') = \tan^2(45^\circ + \phi'/2)$$

$\phi'$  = sudut gesek dalam efektif

#### **b.1. Tiang ujung bebas**

Dalam kasus tiang pendek tiang dianggap berotasi di dekat ujung bawah tiang. Tekanan yang terjadi ditempat dianggap dapat digantikan oleh gaya terpusat yang bekerja pada ujung bawah tiang. Dengan mengambil momen terhadap ujung bawah.

$$H_u = \frac{(\frac{1}{2}) \gamma d L^3 K_p}{e + L}$$

#### **2.6.1 Defleksi Tiang Vertikal Dengan Metode Broms**

Untuk tiang dalam tanah granuler (pasir, kerikil), defleksi tiang akibat beban lateral,

1) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

2) Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

dikaitkan dengan besaran tak berdimensi. Untuk tiang ujung bebas dan ujung jepit dianggap sebagai tiang panjang (tidak kaku), bila  $\alpha L > 4$ .

Defleksi lateral tiang ujung bebas (Poulos dan Davis, 1980)

$$Y_o = \frac{2,4H}{(n_h)^{3/5}(E_p I_p)^{2/5}} + \frac{1,6H}{(n_h)^{2/5}(E_p I_p)^{3/5}}$$

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian yang penulis lakukan ini menggunakan penelitian deskriptif yaitu metode penelitian yang berusaha menggambarkan dan menginterpretasi objek sesuai dengan apa adanya. Penelitian ini juga sering disebut noneksperimen, karena pada penelitian ini penelitian tidak melakukan kontrol dan manipulasi variabel penelitian dimana data-data yang digunakan diperoleh langsung di lapangan maupun dari hasil penelitian di laboratorium.

## 4. PENGUJIAN LAPANGAN

### 4.1 Uji Beban Lateral

Uji beban lateral (horizontal) biasanya digunakan untuk mengetahui kelakuan defleksi tiang pada waktu beban telah bekerja. Beban lateral yang diijinkan dapat ditentukan dari nilai beban pada defleksi tiang tertentu (misalnya 0,025 inchi) yang dibagi dengan faktor aman (McNulty, 1956).

### 4.2 Gambaran Umum Pengujian Lapangan

Pengujian lapangan dilaksanakan untuk menguji objek yang akan diteliti, dalam tugas akhir ini dilakukan pengujian pembebanan statis (*static loading test*) pada pondasi tiang pancang berdasarkan ASTM D3966-90, yaitu *Cyclic Loading* (Pembebanan Siklik). Pengujian dilakukan sebanyak 4 siklus pembebanan dimana beban puncak terjadi pada siklus ke-4 sebesar 200% dari beban rencana.

### 4.3 Peralatan Pengujian

Peralatan yang diperlukan pada uji pembebanan ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Hydraulic Jack,

Untuk yang lateral diletakkan tepat disamping permukaan tiang uji sedangkan untuk



Gambar 2.8 Hydraulic jack

#### 2. Pressure Gauge,

Untuk mengukur besarnya beban yang diberikan pada tiang uji.



Gambar 2.9 Pressure gauge

1) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

2) Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.



### 3. Dial Gauge

Terdiri dari 4 (empat) unit dengan ketelitian pembacaan paling sedikit sampai dengan 0.01 mm, untuk mengukur besarnya pergerakan yang terjadi.



Gambar 2.10 Dial gauge

Tabel 4.1 Cara pembebanan

Jadwal Pembebanan Siklik Pembebanan Standar			
Persentase Beban Desain	Durasi Beban, menit	Persentase Beban Desain	Durasi Beban, menit
0	...	75	10
25	10	0	10
50	10	50	10
25	10	100	10
0	10	150	10
50	10	175	20
75	10	200	30
100	15	100	10
50	10	50	10
0	10	0	...
50	10		
100	10		
125	15		
150	20		

## 5. ANALISIS DAN PERHITUNGAN

### 5.1 Umum

Dalam bab analisis dan perhitungan ini data yang akan digunakan untuk keperluan analisis adalah data bor log lapisan tanah, data *properties* tiang dan data hasil pengujian pembebanan statis (*loading test*) Materi khusus yang akan dibahas dalam bab ini meliputi :

1. Menganalisis daya dukung lateral tiang pancang tunggal menggunakan Lpile Plus.
2. Menganalisis daya dukung lateral tiang pancang tunggal menggunakan *metode Broms*.
3. Membandingkan hasil analisis daya dukung yang didapat terhadap hasil analisis daya dukung tiang uji pembebanan statik (*loading test*).
4. Data untuk setiap lokasi yang ditinjau berdasarkan pada data-data perlapisan tanah dan parameter-parameternya.

### 5.2 Menghitung Defleksi Lateral Dengan Analisis Menggunakan Program Lpile Plus (*metode p-y*)

Dalam metode p-y, kurva-kurva hasil uji tiang dapat digolongkan menjadi tiang berperilaku liat (*ductile*) dan getas (*brittle*). Perilaku getas dapat terjadi pada tanah-tanah lempung, khususnya lempung kaku atau jika pembebanan berulang (dinamik). Perilaku liat dapat terjadi pada lempung lunak dan pasir akibat beban statis. Tanah-tanah berperilaku getas lebih merusak,

1) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

2) Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

karena mengakibatkan gerakan fondasi yang besar.

Defleksi lateral kekakuan tiang pada tiap interval:

$$S_z = \frac{dy}{dz}$$

### 5.3 Menghitung Defleksi Daya Dukung Lateral Metode Broms

Metode Broms (1964a) dapat digunakan untuk menghitung defleksi lateral tiang yang berada pada lapisan tanah homogen dan murni berupa tanah kohesif (lempung jenuh,  $\phi = 0$ ) atau granuler (pasir,  $c = 0$ ).

Untuk tiang dalam tanah granuler untuk tiang ujung bebas dan ujung jepit di anggap sebagai tiang panjang (tidak kaku), bila  $\alpha L > 4$ .

Defleksi lateral tiang ujung bebas (Poulos dan Davis, 1980)

$$Y_o = \frac{2,4H}{(n_h)^{3/5}(E_p I_p)^{2/5}} + \frac{1,6He}{(n_h)^{2/5}(E_p I_p)^{3/5}}$$

### 5.3 . Analisis Perbandingan Daya Dukung Tiang

Setelah didapat hasil analisis daya dukung lateral tiang pancang tunggal dengan menggunakan Lpile Plus dan metode *broms*, selanjutnya akan dibandingkan daya dukung lateral yang didapat terhadap hasil analisis daya dukung tiang uji pembebanan static (*loading test*).

**Tabel 5.1** Perbandingan Perpindahan Tiang

No	Metode	Defleksi (mm)		
		Boiler Ø 400	Turbine Ø 400 mm	Chimney Ø 300
1	APILE PLUS	0.1659	0.1259	0.048
2	Loading Test	0.014	0.019	0.027
3	Broms	0.034	0.034	0.016

## 6. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis perbandingan defleksi lateral tiang pada tiga lokasi proyek PLTU 2 x 27,5 MW Kalimantan Barat, yaitu pada lokasi *Boiler*, *Turbine* dan *Chimney* maka penulis menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Perhitungan menggunakan program LPILE Plus dilakukan dengan metode *p-y* tersebut di dapatkan hasil analisis defleksi lateral tiang tersebut berbeda dari kondisi di lapangan (berdasarkan hasil *loading test*).
2. Perbandingan nilai daya dukung lateral menggunakan software LPILE Plus dan metode *Broms* terhadap hasil daya dukung dari *static loading test* menghasilkan perkiraan nilai defleksi lateral yang tidak masuk kedalam standart yang di ijinan yang dapat dipikul oleh tiang. Hal ini dipengaruhi dari parameter data *properties* tanah yang digunakan.
3. Perbandingan nilai defleksi ijin menggunakan metode *broms* terhadap hasil daya dukung dari *static loading test* menghasilkan perkiraan nilai defleksi lateral yang

1) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

2) Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

lebih besar dari kenyataan yang dapat dipikul oleh tiang. Hal ini dipengaruhi dari parameter data *properties* tanah yang digunakan.

4. Untuk besar perpindahan tiang pada setiap lokasi ditampilkan dalam tabel perbandingan penurunan tiang berikut ini:

**Tabel 5.2** Perbandingan Perpindahan Tiang

No	Lokasi	Diameter Tiang (mm)	Defleksi Tiang (m)		
			Lpile Plus	Loading Test	Metode Broms
1	Boiler	ϕ 400	0.1659	0.014	0.034
2	Turbine	ϕ 400	0.1259	0.019	0.034
3	Chimney	ϕ 300	0.048	0.027	0.016

5. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan dan pengujian tiang pada lokasi *Chimney* yang mengalami keruntuhan atau mengalami Defleksi berlebih dari yang di iijinkan menurut penulis di karenakan kondisi tiang yang di gunakan lebih kecil yaitu dengan diameter 300mm.

#### Daftar Pustaka

American Society for Testing and Materials (ASTM). *Piles Under Static Lateral Compressive Load*. (Standard Method of Testing) D 3966 – 90.

Aziz, Aswandi A. dan Ishan, Miki. 2009. *Perencanaan Pondasi Tiang*. Pontianak: Fakultas Teknik Untan.

Bowles, Joseph E. 1992. *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.

Hary Cristandy Hardiyatmo. 2010. *Analisis dan Perancangan Fondasi Jilid 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Prees

Hary Cristandy Hardiyatmo. 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi Jilid 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Prees

Das, Braja M. 1988. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.

N.N. SOM. S.C.DAS. 2006. *Theory and Practice of Foundation design*. Prantice Hall of India Private Limited. New Delhi.

Prakash, S., and Sharma, H.D. 1990. *Pile Foundation in Engineering Practice*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.

Tomlinson, M.J. 1994. *Pile Design and Construction Practice*. London, UK: E & FN Spon.

UU RI No.7 Tahun 2004 dan Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 907 Tahun 2002

1) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.  
2) Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.